



(11)

EP 1 990 891 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
12.11.2008 Bulletin 2008/46

(51) Int Cl.:  
*H02J 7/34 (2006.01)*      *H02J 7/14 (2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: 08354026.0

(22) Date de dépôt: 06.05.2008

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT  
RO SE SI SK TR**

Etats d'extension désignés:

**AL BA MK RS**

(30) Priorité: 11.05.2007 FR 0703370

(71) Demandeur: Commissariat à l'Energie Atomique  
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- Labrunie, Antoine  
73000 Chambéry (FR)
- Perichon, Pierre  
38500 Voiron (FR)

(74) Mandataire: Jouvray, Marie-Andrée et al  
Cabinet Hecké,  
World Trade Center - Europole,  
5, place Robert Schuman,  
B.P. 1537  
38025 Grenoble Cedex 1 (FR)

### (54) Procédé de charge d'un élément de stockage d'un système autonome

(57) Le procédé de charge comporte une limitation, en fonction de la température, de la puissance fournie à l'élément de stockage (1) à une puissance consigne de charge ( $P_L$ ). L'énergie nécessaire (E) pour charger l'élément de stockage (1) est déterminée et la durée pendant laquelle la ressource énergétique, disponible est estimée. Au moyen de ces deux informations, une puissance moyenne ( $P_M$ ) théorique est calculée. L'évolution de la

température et d'une puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) sont estimées. A partir de la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ), une énergie maximale ( $E_{MAX}$ ), pouvant être délivrée par le générateur est calculée. La valeur de la puissance consigne de charge ( $P_L$ ) est définie par la comparaison de l'énergie nécessaire (E) à l'énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) ainsi que par la comparaison de la puissance moyenne ( $P_M$ ) à la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ).

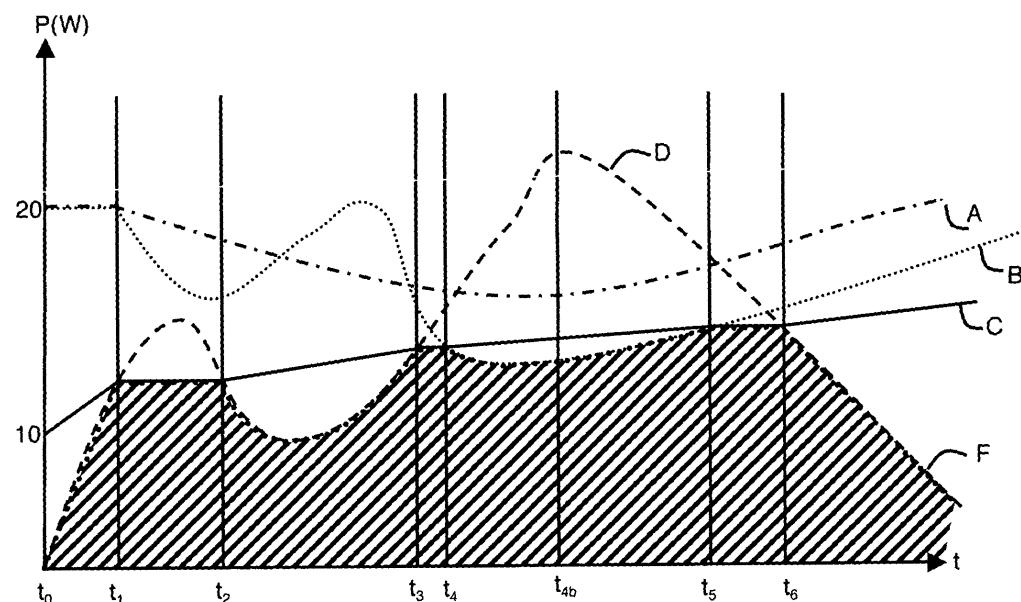


Figure 5

## Description

### Domaine technique de l'invention

**[0001]** L'invention est relative à un procédé de charge, à partir d'un générateur, d'un élément de stockage d'un système autonome comportant des composants électroniques, avec une limitation, en fonction de la température, de la puissance fournie à l'élément de stockage à une puissance consigne de charge.

### État de la technique

**[0002]** Un système autonome doit à la fois présenter une grande qualité de service (fourniture d'énergie en permanence) et une grande fiabilité. La qualité de service impose de charger au maximum les batteries dès que l'énergie est disponible, afin d'assurer une autonomie maximale en cas de longue période de faible ressource.

**[0003]** Concernant la fiabilité, il est préférable de limiter la puissance de charge lorsque la température ambiante est élevée, de façon à limiter la température interne des composants. En effet, les composants actifs ou passifs représentent la principale source de défaillance et la durée de vie des composants est fonction de leur température. Plus la température est élevée et plus la durée de vie des composants (actifs et passifs) est faible. La température des composants dépend de la température de l'environnement du système autonome et de l'échauffement dû à la dissipation d'une partie de la puissance de charge. Il est, également, préférable de limiter les variations importantes de température. Ces variations proviennent principalement de pics ou de variations importantes du courant mais aussi des variabilités thermiques cycliques et des chocs thermiques. De plus, une limitation des courants de charge et décharge permet d'éviter une contribution thermique supplémentaire.

**[0004]** Actuellement, la majorité des systèmes autonomes utilisent l'allègement de régime (« derating » en anglais). Cette technique consiste à limiter, à partir d'une température de seuil  $\theta_S$ , la puissance maximale admise en fonction de la température, comme illustré sur la figure 1. Dans l'exemple présenté, la puissance maximale d'entrée  $P_e$  est constante jusqu'à la température de seuil  $\theta_S$ , puis décroît linéairement lorsque la température dépasse cette température de seuil. L'évolution classique de la puissance fournie par le générateur (courbe D en pointillé), de la puissance acceptable (courbe B, en trait plein) et de l'énergie accumulée dans la batterie (E, hachurée) pendant une journée est illustrée schématiquement à la figure 2. De cette manière, la limitation de la puissance aux températures élevées évite la destruction immédiate des composants du système et assure un service minimum.

**[0005]** Cependant, la protection thermique réalisée par allègement de régime est limitée. D'une part, celle-ci se focalise sur la température maximale, or en dessous de cette température seuil, la fiabilité des composants

fluctue énormément. La fiabilité est représentée schématiquement par la durée entre deux pannes non destructrices (« MTBF, Mean Time Between Failure », en anglais) et est dépendante de la température. Par exemple, une augmentation de 18°C de la température de jonction d'un transistor de puissance divise par deux la durée entre deux pannes non destructrices. D'autre part, l'allègement de régime ne limite pas les chocs thermiques et les variations thermiques cycliques. Ces deux points ont une grande influence sur la fiabilité. Par exemple, la durée entre deux pannes non destructrices est divisée par deux à chaque fois que l'ondulation de la température de jonction augmente de 15°C.

**[0006]** La densité de courant a, également, un effet notable sur la fiabilité du système et, dans l'art antérieur, le courant n'est pas limité tant qu'il n'entraîne pas un échauffement important.

**[0007]** Cependant, dans son ensemble, l'allègement de régime ne permet pas d'améliorer la fiabilité du système. En effet, cette technique, illustrée sur la figure 2, ne permet pas d'éviter les pics de puissance aux bornes de l'élément de stockage et ne limite donc pas les pics de courant de charge. Ce mode de fonctionnement ne permet donc pas de fonctionner à une température aussi stable et basse que possible.

**[0008]** Un autre facteur important à prendre en compte pour améliorer la fiabilité du système est la température de fonctionnement de la batterie.

**[0009]** Les batteries, quelle que soit leur technologie, voient également leur durée de vie diminuer si elles sont utilisées dans de mauvaises conditions thermiques. Le fonctionnement en température basse induit un ralentissement de la cinétique des réactions chimiques et électrochimiques aux interfaces électrode/électrolyte. Les courants de charge et de décharge doivent être limités car, à froid, le transport de matière des ions dans l'électrolyte, et leur diffusion dans les sites actifs des électrodes sont cinétiquement ralenti. La réduction des courants en charge et en décharge permet aux réactions électrochimiques de se dérouler jusqu'au cœur du matériau actif. Dans le cas contraire, les réactions se déroulent principalement à la surface des pores, avec leur obstruction par les produits de réaction et la réduction de la progression des ions dans l'électrolyte. Les phénomènes résultants conduisent à une perte de capacité irréversible de l'élément (obstruction de sites actifs pour une batterie lithium-ion par exemple) et/ou une diminution de la durée de vie de la batterie (consommation de l'électrolyte pour une batterie Nickel-Métal Hydure par exemple).

**[0010]** Le fonctionnement en température élevée, avec un état de charge élevé accélère la cinétique de formation des réactions secondaires ou irréversibles, qui ont lieu principalement au milieu ou en fin de charge (électrolyse de l'eau pour une batterie Ni-MH, modification structurelle du matériau actif positif de la batterie lithium-ion par exemple). Pour ces raisons, les tensions de fin de charge sont fréquemment régulées en fonction

de la température. Malgré cela, des phénomènes de dégradation chimiques inévitables mais faibles à température ambiante sont favorisés à température élevée.

**[0011]** La majorité des régulateurs de charge actuels se contentent de déconnecter la batterie de sa source et/ou de sa charge lorsque les paramètres mesurés sont en dehors de spécifications. De plus de nombreux régulateurs relèvent ou abaissent les seuils de régulation de tension en fonction de la température. Ces systèmes permettent ainsi d'éviter une destruction immédiate de la batterie en limitant la plage de température en fonctionnement et l'exploration en tension. Cependant, la protection réalisée par le régulateur est limitée car d'une part elle se limite à une déconnexion à un maximum de température, or même en deçà de cette limite, la durée de vie de la batterie varie énormément.

### Objet de l'invention

**[0012]** L'objet de l'invention consiste à pallier les inconvénients précités et en particulier à améliorer la fiabilité du système de stockage sans réduire la qualité de service.

**[0013]** Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que le procédé comporte

- une estimation de la durée pendant laquelle la ressource énergétique, disponible au générateur, est, jusqu'à un instant prédéterminé, supérieure à une valeur seuil prédéterminée,
- une estimation de l'évolution de la température jusqu'au instant,
- l'estimation de l'évolution d'une puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) jusqu'au instant, en fonction de l'évolution de la température et de données représentatives de la fiabilité du système en fonction de la température,
- la détermination de l'énergie nécessaire ( $E$ ) pour charger l'élément de stockage (1),
- le calcul, en fonction de l'énergie nécessaire ( $E$ ) et de ladite durée, d'une puissance moyenne ( $P_M$ ) théorique, répartie sur ladite durée à venir, à délivrer à l'élément de stockage (1) pour le charger complètement,
- l'estimation à partir de la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) d'une énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) pendant la durée à venir, pouvant être délivrée par le générateur,
- la détermination d'une puissance consigne de charge fonction de la comparaison entre l'énergie nécessaire ( $E$ ) et l'énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) et de la comparaison entre la puissance moyenne ( $P_M$ ) et la puissance maximale de charge ( $P_{MAX}$ ).

### Description sommaire des dessins

**[0014]** D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de

modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

5 Les figures 1 et 2 illustrent schématiquement les variations de la puissance maximale d'entrée en fonction de la température (fig. 1) et l'évolution correspondante, pendant une journée classique, de la puissance fournie par le générateur (courbe D en pointillé), de la puissance maximale acceptable (courbe B, en trait plein) et de l'énergie accumulée dans la batterie (E, hachurée) pendant une journée, par un procédé d'allégement de régime selon l'art antérieur.

10 15 La figure 3 représente de façon schématique un système autonome dans lequel le procédé selon l'invention peut être mis en oeuvre.

20 25 La figure 4 représente la relation entre la température ( $\theta$ ) et la puissance de charge (P) pour diverses valeurs d'un critère de fiabilité constitué par la durée entre deux pannes non destructrices.

30 35 La figure 5 représente de façon schématique l'évolution des différentes puissances représentatives du système autonome dont l'élément de stockage d'énergie est chargé, pendant une journée, par un procédé de charge selon l'invention.

### Description d'un mode préférentiel de l'invention

**[0015]** Comme illustré sur la figure 3, le système autonome comporte au moins une batterie 1 comme élément de stockage d'énergie, un générateur 2 d'énergie et un régulateur de puissance 3 connecté entre le générateur 2 et la batterie 1. Des circuits de mesures 4 et 5 permettant respectivement de mesurer la tension et le courant à la sortie du générateur 2 et aux bornes de la batterie 1 sont connectés à une unité de contrôle 6, également connectée au régulateur de puissance 3. Un circuit 7 de mesure de la température et un module 8 d'estimation de la ressource énergétique disponible au générateur 2 sont également connectés à l'unité de contrôle 6. Un élément de charge 9 est classiquement alimenté par la batterie 1.

**[0016]** Le circuit 7 de mesure de la température comporte au moins un capteur de mesure de la température ambiante et, de préférence, un capteur de mesure de la température des composants électroniques, ainsi qu'un capteur de mesure de la température de la batterie 1. Cependant, dans un autre mode de réalisation, des abaque peuvent être utilisés pour estimer la température des composants électroniques et/ou de la batterie 1 en fonction de la température ambiante et/ou d'un autre capteur de température plus représentatif et plus facile à mettre en oeuvre.

**[0017]** Le générateur 2 d'énergie est, par exemple, un panneau photovoltaïque ou un dispositif micro-hydraulique.

que.

**[0018]** Le régulateur de puissance 3 comporte de préférence un convertisseur de type BUCK. Le régulateur 3 comporte avantageusement, également, un dispositif de recherche du point de puissance maximal (« MPPT, Maximum Power Point Tracking » en anglais) et un chargeur de batterie. L'unité de contrôle 6 est ainsi destinée à réguler la charge de la batterie 1, par l'intermédiaire du régulateur de puissance 3, et à gérer l'adéquation entre la puissance fournie par le générateur 2 et la charge de la batterie 1.

**[0019]** L'unité de contrôle 6 peut déterminer la puissance à la sortie du générateur 2, à partir des mesures de la tension et de l'intensité fournies par le circuit de mesure 4. De manière connue, l'unité de contrôle 6 peut déterminer l'état de charge de la batterie 1 en fonction de la température de la batterie 1 de la tension aux bornes de la batterie 1 (fournie par le circuit de mesure 5) et du courant délivré par cette batterie, par exemple au moyen d'abaques. Cette estimation de l'état de charge est avantageusement utilisée par l'unité de contrôle 6 pour définir, au moyen d'algorithme de charge de type connu, les besoins en énergie de la batterie 1. L'estimation de l'état de charge peut être réalisée selon la méthode utilisée soit avant la charge de batterie 1 soit de façon périodique. Dans le cas où la détermination de l'état de charge est uniquement réalisée avant la charge, au sortir du mode de veille, l'unité de contrôle 6 calculera, en continu, la puissance fournie à la batterie 1 et la puissance délivrée par cette dernière.

**[0020]** Le module 8 d'estimation de la ressource énergétique disponible au générateur 2 en fonction du temps est de préférence intégré dans l'unité de contrôle 6 et comporte en mémoire des données relatives aux conditions d'approvisionnement du générateur 2 en ressources énergétiques, en fonction du temps. Les données sont, par exemple, lorsque le générateur 2 est constitué par des panneaux photovoltaïques, qui ne fournissent de l'énergie que pendant la journée, la durée théorique d'ensoleillement, l'heure de coucher du soleil, le temps restant jusqu'au coucher du soleil et l'évolution théorique de la température à la date considérée. Pour ce type d'application, le fonctionnement est prévu pour la journée à venir.

**[0021]** Dans le cas où le générateur 2 est de type micro-hydraulique, les données sont par exemple la durée pendant laquelle le débit hydraulique est supérieur à un seuil prédéterminé.

**[0022]** Le module 8 d'estimation de la ressource énergétique disponible permet, également, avantageusement, la mise en mémoire des conditions réelles relevées sur une durée, prédéterminée, immédiatement précédente, par exemple, sur les trois derniers jours pour une installation photovoltaïque. Les conditions relevées comportent alors, notamment, la puissance délivrée sur les journées précédentes, l'évolution réelle de la température mesurée et la durée effective de jour. Ces conditions réelles des journées précédentes peuvent alors être uti-

lisées par l'unité de contrôle 6 pour pondérer les données théoriques associées à la date considérée et préalablement mise en mémoire.

**[0023]** L'unité de contrôle 6 est ainsi capable d'estimer en début de journée, puis tout au long de la journée, la puissance pouvant être fournie par le générateur 2 en fonction des conditions d'ensoleillement prévues et de l'évolution de la température sur la journée à venir.

**[0024]** De manière plus générale, pour un générateur 2 fournissant de l'énergie de manière intermittente et quasi-périodique, les conditions de fonctionnement sur un nombre prédéterminé de périodes immédiatement précédentes sont de préférence mises en mémoire dans le module 8.

**[0025]** L'unité de contrôle 6 régule la charge de la batterie 1 en tenant également compte des données représentatives de la fiabilité, par exemple, des composants électroniques et de la batterie 1, en fonction de la puissance et de la température. La figure 4 représente un ensemble de courbes illustrant la température  $\theta$  en fonction de la puissance  $P$  pour diverses valeurs d'un critère de fiabilité de composants électroniques, plus particulièrement la durée entre deux pannes non destructrices.

L'unité de contrôle 6 utilise ces données pour déterminer, notamment en fonction de l'évolution de la température pour la journée à venir et du critère de fiabilité retenu, la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ , c'est-à-dire la puissance qu'il ne faut pas dépasser pour garantir le critère de fiabilité choisi par l'utilisateur, ainsi que son évolution sur la journée à venir. L'unité de contrôle 6 peut, avantageusement, prendre en compte également une densité de courant à ne pas dépasser. De même, l'unité de contrôle peut actualiser la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  ainsi que son évolution sur la journée à venir en fonction de l'évolution réelle de température.

**[0026]** Un exemple particulier de fonctionnement d'un système isolé alimenté par un panneau photovoltaïque 2, dont l'autonomie est assurée par des batteries d'accumulateur 1, est décrit ci-dessous.

**[0027]** Lorsque la puissance fournie par le panneau photovoltaïque 2 dépasse un seuil minimum de puissance, l'unité de contrôle 6 déclenche une procédure de sortie de veille.

**[0028]** L'unité de contrôle 6 détermine une évolution de la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ , pour la journée à venir, en fonction du critère de fiabilité, par exemple, la durée entre deux pannes non destructrices, préalablement défini par l'utilisateur, et de la prévision de l'évolution de température sur la journée à venir.

**[0029]** L'unité de contrôle 6 détermine ensuite, par exemple à partir de la mesure de la tension aux bornes de la batterie 1, de sa température, et au moyen d'abaques, l'état de charge SOC actuel de la batterie 1 et donc l'énergie nécessaire  $E$  pour effectuer la charge complète de la batterie 1.

**[0030]** La puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ , préalablement estimée, permet alors à l'unité de contrôle 6 de calculer l'énergie maximale  $E_{MAX}$ , également esti-

mée, pouvant être délivrée à la batterie 1 dans les conditions climatiques prévues, sur l'ensemble de la durée d'ensoleillement.

**[0031]** L'unité de contrôle 6 détermine ensuite, en fonction de l'énergie nécessaire E et de la durée d'ensoleillement prévue, la puissance moyenne  $P_M$  théorique de charge. Cette puissance moyenne  $P_M$  théorique correspond à la puissance moyenne, constante, qui devrait être injectée dans la batterie 1 durant la durée théorique prévue d'ensoleillement, fournie par le module 8 d'estimation de la ressource énergétique disponible. La puissance moyenne  $P_M$  théorique est obtenue en faisant le rapport entre l'énergie nécessaire E et la durée théorique d'ensoleillement. L'unité de contrôle 6 peut ainsi étaler, sur la durée d'ensoleillement, l'énergie fournie à la batterie 1, pendant sa charge, de manière à éviter les pics de puissance, lorsque les conditions de fonctionnement laissent à prévoir une ressource disponible sur une période de temps suffisante.

**[0032]** L'unité de contrôle 6 compare alors, l'énergie nécessaire E pour charger la batterie 1 et l'énergie maximale  $E_{MAX}$  pour définir, ensuite, la valeur d'une puissance consigne de charge  $P_L$  qui représente la puissance maximale qui peut être délivrée aux bornes de la batterie 1 à un instant donné. La puissance consigne de charge  $P_L$  ne doit jamais être supérieure à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  afin de ne pas enfreindre la limitation imposée pour garantir le critère de fiabilité retenue.

**[0033]** Si l'énergie nécessaire E est inférieure à l'énergie maximale  $E_{MAX}$ , alors l'énergie maximale délivrable à la batterie 1 devrait être suffisante. L'unité de contrôle 6 contrôle alors le régulateur 3 de manière à ce que la puissance consigne de charge  $P_L$  soit constituée par la plus faible puissance parmi la puissance moyenne  $P_M$  et la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ . Ainsi la puissance consigne  $P_L$  est égale à la puissance moyenne  $P_M$  tant que celle-ci est inférieure à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ . Dans le cas contraire, la puissance consigne  $P_L$  est égale à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ .

**[0034]** Si l'énergie nécessaire E est supérieure à l'énergie maximale  $E_{MAX}$ , sur la journée à venir, l'énergie maximale délivrable à la batterie 1 va être inférieure à ses besoins. L'unité de contrôle 6 contrôle alors le régulateur de puissance 3 de manière à ce que la puissance consigne de charge  $P_L$  soit égale à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ , quelle que soit la valeur de la puissance moyenne  $P_M$ , pour accumuler le maximum d'énergie, tout en respectant le critère de fiabilité défini par l'utilisateur.

**[0035]** Ainsi, la puissance consigne  $P_L$ , normalement égale à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ , passe à la valeur moyenne  $P_M$  lorsque  $E < E_{MAX}$  et  $P_M < P_{MAX}$ . Grâce à ce principe de fonctionnement, en début de journée, l'unité de contrôle 6 étale, sur la durée estimée de fonctionnement du générateur 2, l'énergie de charge des éléments de stockage 1. De cette manière, le système autonome évite, dans la mesure du possible, les fortes

variations de courant et les variations de température qui en découlent, tout en garantissant la fiabilité des composants électroniques du système.

**[0036]** L'état de charge SOC de la batterie 1 et l'énergie restant à injecter sont déterminés périodiquement par l'unité de contrôle 6 soit directement à partir d'une mesure, soit en fonction d'une mesure en début de journée et ajustement par les puissances entrant et sortant de la batterie 1. Les informations relatives aux conditions de fonctionnement, comme la température extérieure, sont également enregistrées périodiquement. Ainsi, l'énergie nécessaire E et la puissance moyenne  $P_M$  théorique ainsi que la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  et l'énergie maximale  $E_{MAX}$  sont recalculées et comparées, périodiquement, tout au long de la journée. La puissance moyenne  $P_M$  et la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  évoluent tout au long de la journée et selon l'évolution de ces données au cours de la journée, la puissance consigne de charge  $P_L$  peut évoluer entre la puissance moyenne  $P_M$  et la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ .

**[0037]** A titre d'exemple, le fonctionnement sur une journée d'un système autonome, comportant un panneau photovoltaïque 2 destiné à charger une batterie d'accumulateur 1, va être décrit ci-dessous en référence à la figure 5. Celle-ci représente les différentes puissances mesurées et estimées en fonction du temps.

**[0038]** En début de journée, à la sortie du mode de veille, à un instant  $t_0$ , l'unité de contrôle 6 a en mémoire la durée d'ensoleillement escomptée pour la journée à venir (par exemple 10 heures). L'unité de contrôle 6 détermine également, à partir de l'évolution de la température prévue sur la journée à venir et du critère de fiabilité, choisi par l'utilisateur, une évolution de la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  (courbe A, avec  $P_{MAX}$  variant entre 20W et 14W à l'instant  $t_0$ ), théorique. Ensuite, l'unité de contrôle 6, calcule, en fonction de l'évolution de la puissance maximale acceptable, l'énergie maximale  $E_{MAX}$  théorique (170 Wh dans l'exemple considéré). Cette énergie  $E_{MAX}$  peut être pondérée par l'évolution de la température enregistrée dans les jours précédents. L'unité de contrôle 6 détermine ensuite, l'énergie nécessaire E à injecter au sein de la batterie 1 pour réaliser sa charge (par exemple 100Wh). Puis elle calcule, à partir de ces deux données, la puissance moyenne  $P_M$  théorique (10W), pour une charge constante et étalée sur l'ensemble de la durée d'ensoleillement prévue.

**[0039]** Les énergies nécessaire E et maximale  $E_{MAX}$  sont alors comparées pour définir la valeur de la puissance consigne de charge  $P_L$  à utiliser. Dans l'exemple considéré, l'énergie E (100Wh) est inférieure à l'énergie maximale  $E_{MAX}$  (170Wh) et, à l'instant  $t_0$ , la puissance moyenne théorique  $P_M = 10W$  est inférieure à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}(20W)$ . La puissance consigne de charge  $P_L$  est donc égale à la puissance moyenne  $P_M$ .

**[0040]** Sur la figure 5, les différentes courbes représentent respectivement :

- Courbe A : l'estimation en début de journée de la puissance maximale acceptable théorique ( $P_{MAX}$  théorique)
- Courbe B : l'évolution réelle de la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ )
- Courbe C : l'évolution de la puissance moyenne  $P_M$  au cours de la journée
- Courbe D : l'évolution de la puissance maximale pouvant être délivrée par le générateur
- Courbe F : l'évolution de la puissance réelle de charge aux bornes de la batterie

**[0041]** En début de journée, entre  $t_0$  et  $t_1$ , l'irradiation est faible et la puissance délivrée par le générateur 2 (courbe D) est inférieure à la puissance moyenne  $P_M$ , calculée par l'unité de contrôle 6 pour étaler la charge sur les dix prochaines heures. La puissance réelle de charge fournie à la batterie 1 (courbe F) est alors la puissance fournie par le générateur 2 (courbe D). L'unité de contrôle 6 recalcule alors périodiquement la valeur de la puissance moyenne  $P_M$ , pour tenir compte de la charge réellement effectuée. La valeur de la puissance moyenne  $P_M$  augmente, alors, pour compenser, sur le reste de la journée, le manque de puissance actuel, (courbe C). De manière analogue, l'unité de contrôle 6 réactualise en permanence la valeur réelle de la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  (courbe B) en fonction de l'évolution réelle de la température.

**[0042]** L'irradiation augmente à partir de l'instant  $t_0$  et la puissance délivrée par le générateur 2 (courbe D) devient égale à la puissance consigne de charge  $P_L$  à l'instant  $t_1$ . L'unité de contrôle 6 limite alors à la valeur  $P_L = P_M$  (11 W dans l'exemple considéré) la puissance réelle de charge fournie à la batterie 1 par le régulateur 3 de puissance. Les courbes C et F sont alors confondues jusqu'à l'instant  $t_2$ , tant que la puissance délivrée par le générateur 2 (courbe D) est supérieure ou égale à la puissance moyenne  $P_M$  constituant la puissance consigne de charge  $P_L$ . Ainsi, l'unité de contrôle 6 limite la puissance de charge pendant un premier palier de charge à puissance constante entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ .

**[0043]** Après avoir atteint un pic entre  $t_1$  et  $t_2$ , l'irradiation continue à diminuer, après  $t_2$  et jusqu'à un instant  $t_3$ , la puissance fournie par le générateur 2 (courbe D) reste inférieure à la puissance consigne  $P_L$ . Le panneau photovoltaïque 2 n'est plus en mesure de fournir la puissance demandée. La puissance réelle de charge est alors égale à la puissance fournie par le générateur 2, c'est-à-dire que les courbes D et F sont confondues. Comme entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ , la puissance de charge réelle (courbe F) étant inférieure à la puissance moyenne  $P_M$  (courbe C) initialement calculée pour un étalement uniforme de la charge sur la durée prévue d'ensoleillement, la puissance moyenne  $P_M$  augmente entre  $t_2$  et  $t_3$  (courbe C), afin de compenser le manque d'énergie fournie à la batterie 1. Entre  $t_2$  et  $t_3$ , les différentes grandeurs sont recalculées et comparées. Dans l'exemple considéré, avec les conditions climatiques réelles, l'énergie

maximale  $E_{MAX}$  recalculée (110Wh) est toujours supérieure à l'énergie nécessaire E (80Wh) et la puissance moyenne  $P_M$  (courbe C) reste inférieure à la valeur correspondante de la puissance maximale de charge (courbe B) entre  $t_2$  et  $t_3$ . La puissance consigne  $P_L$  reste alors confondue avec la puissance moyenne  $P_M$ .

**[0044]** L'irradiation et la température augmentent et la puissance délivrable (courbe D) par le générateur 2 devient égale à la puissance consigne  $P_L$  à partir de l'instant  $t_3$ . Comme entre  $t_1$  et  $t_2$ , l'énergie nécessaire E est inférieure à l'énergie maximale  $E_{MAX}$  et la puissance moyenne (courbe C) est inférieure à la puissance maximale acceptable (courbe B), la puissance réelle de charge se confond, alors, entre  $t_3$  et  $t_4$ , avec la puissance moyenne (courbes C et F confondues) pour un étalement uniforme de la charge sur la durée prévue d'ensoleillement.

**[0045]** A partir de l'instant  $t_4$ , la température ayant continué à augmenter, la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  (courbe B) devient inférieure à la puissance moyenne  $P_M$  (courbe C). Dans ces conditions, la puissance consigne  $P_L$  est calée sur la valeur de la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ . Les courbes B et F sont alors confondues. L'unité de contrôle 6, calculant un déficit d'énergie fournie à la batterie 1, augmente alors la valeur de la puissance moyenne  $P_M$  pour compenser le manque d'énergie sur le reste de la durée d'ensoleillement (courbe C).

**[0046]** Entre  $t_4$  et  $t_5$ , l'unité de contrôle 6 recalcule l'énergie nécessaire E, l'énergie maximale  $E_{MAX}$ , les compare et détermine alors, à un instant  $t_{4b}$ , que l'énergie maximale est devenue inférieure à l'énergie nécessaire ( $E_{MAX} < E$ ), dans l'exemple considéré. L'unité de contrôle 6 fixe alors la puissance consigne  $P_L$  à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ . La puissance de charge réelle (courbe F) reste ainsi confondue avec la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$  (courbe B).

**[0047]** Al l'instant  $t_5$ , la température étant redescendue, la puissance moyenne  $P_M$  redevient inférieure à la puissance maximale acceptable  $P_{MAX}$ . L'unité de contrôle 6 fixe alors la puissance consigne  $P_L$  à la puissance moyenne  $P_M$ .

**[0048]** En fin de journée, à l'instant  $t_6$ , l'irradiation diminue et le panneau photovoltaïque 2 n'est plus en mesure de fournir la puissance  $P_M$ . La puissance de charge (courbe F) est alors égale à la puissance fournie par le générateur 2 (courbe D). L'unité de contrôle 6 augmente alors la valeur de la puissance moyenne  $P_M$  pour compenser le manque d'énergie sur le reste de la durée d'ensoleillement (courbe C).

**[0049]** Alors que dans le mode de réalisation, précédemment décrit, la puissance consigne  $P_L$  de charge est égale à la puissance moyenne  $P_M$  si et seulement si l'énergie nécessaire E est inférieure à l'énergie maximale et si la puissance moyenne  $P_M$  est inférieure à la puissance maximale  $P_{MAX}$  acceptable, la puissance consigne  $P_L$  étant égale à la puissance maximale dans les autres cas, une variante du mode de réalisation peut être utilisée afin d'augmenter la quantité d'énergie fournie à

la batterie 1. Ainsi d'autres critères concernant la puissance consigne  $P_L$  sont utilisés. La puissance consigne  $P_L$  de charge est égale à la puissance moyenne  $P_M$  si et seulement si l'énergie nécessaire  $E$  est inférieure à l'énergie maximale  $E_{MAX}$  et si la puissance moyenne  $P_M$  est toujours inférieure au minimum de la puissance maximale  $P_{MAX}$  estimée sur la journée à venir. Dans le cas contraire, l'énergie nécessaire  $E$  étant supérieure à l'énergie maximale  $E_{MAX}$  ou le minimum de la puissance maximale  $P_{MAX}$  estimée sur la journée à venir étant inférieure à la puissance moyenne  $P_M$ , alors l'unité de contrôle 6 contrôle le régulateur 3 de manière à ce que la puissance consigne de charge  $P_L$  soit égale à la puissance maximale  $P_{MAX}$ .

**[0050]** Dans une autre variante du mode de réalisation, pouvant être combinée avec les modes de réalisations précédents, pour être plus sûr de charger la batterie 1, l'unité de contrôle 6 peut prendre en compte un facteur correctif lorsque la puissance consigne de charge  $P_L$  est normalement égale à la puissance moyenne  $P_M$ . Dans ces conditions, le facteur correctif peut être, par exemple, constant ou fonction de l'énergie restant à fournir à la batterie 1. Le facteur correctif sera déterminé préférentiellement de façon à ce que la puissance consigne de charge  $P_L$  soit comprise entre la puissance moyenne  $P_M$  et la puissance maximale  $P_{MAX}$  si la puissance moyenne  $P_M$  est inférieure à la puissance maximale  $P_{MAX}$ .

**[0051]** On peut également, si on le souhaite, introduire un facteur correctif sur la puissance maximale  $P_{MAX}$  (avantageusement inférieur à 1 pour éviter de charger directement à cette puissance maximale).

**[0052]** Une autre variante de réalisation peut être envisagée afin de mieux protéger la batterie. L'unité de contrôle 6 détermine un état de charge maximum SOCM acceptable par la batterie 1 en fonction de la température afin de ne plus réaliser, comme précédemment, la charge complète de la batterie 1 dans les gammes de température préjudiciables. A titre d'exemple, l'état de charge maximum SOCM acceptable pour la journée à venir est fonction du maximum de la température ambiante estimée pour la journée à venir. L'unité de contrôle 6 détermine ensuite, l'état de charge actuel SOC de la batterie 1 et donc l'énergie nécessaire  $E$  pour charger la batterie 1 jusqu'à l'état de charge maximum SOCM acceptable. L'état de charge maximum SOCM peut également être calculé en continu en fonction de l'évolution réelle de la température.

## Revendications

1. Procédé de charge, à partir d'un générateur (2), d'un élément de stockage d'énergie (1), d'un système autonome comportant des composants électroniques, avec une limitation, en fonction de la température, de la puissance fournie à l'élément de stockage (1) à une puissance consigne de charge ( $P_L$ ), procédé **caractérisé en ce qu'il comporte**

- une estimation de la durée pendant laquelle la ressource énergétique, disponible au générateur, est, jusqu'à un instant prédéterminé, supérieure à une valeur seuil prédéterminée,
- une estimation de l'évolution de la température jusqu'au instant,
- l'estimation de l'évolution d'une puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) jusqu'au instant, en fonction de l'évolution de la température et de données représentatives de la fiabilité du système en fonction de la température,
- la détermination de l'énergie nécessaire ( $E$ ) pour charger l'élément de stockage (1),
- le calcul, en fonction de l'énergie nécessaire ( $E$ ) et de ladite durée, d'une puissance moyenne ( $P_M$ ) théorique, répartie sur ladite durée à venir, à délivrer à l'élément de stockage (1) pour le charger complètement,
- l'estimation à partir de la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) d'une énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) pendant la durée à venir, pouvant être délivrée par le générateur,
- la détermination d'une puissance consigne de charge fonction de la comparaison entre l'énergie nécessaire ( $E$ ) et l'énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) et de la comparaison entre la puissance moyenne ( $P_M$ ) et la puissance maximale de charge ( $P_{MAX}$ ).

30 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la valeur de la puissance consigne de charge ( $P_L$ ) est égale à la puissance moyenne ( $P_M$ ) si l'énergie nécessaire ( $E$ ) est inférieure ou égale à l'énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) et si la puissance moyenne ( $P_M$ ) est inférieure à la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ), la valeur de la puissance consigne de charge ( $P_L$ ) étant égale à la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) dans les autres cas.

40 3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la valeur de la puissance consigne de charge ( $P_L$ ) est égale à la puissance moyenne ( $P_M$ ) si l'énergie nécessaire ( $E$ ) est inférieure ou égale à l'énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) et si la puissance moyenne ( $P_M$ ) est inférieure au minimum de la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) estimé pour la durée à venir, la valeur de la puissance consigne de charge ( $P_L$ ) étant égale à la puissance maximale acceptable ( $P_{MAX}$ ) dans les autres cas

50 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'il comporte** la détermination d'un état de charge maximum (SOCM) acceptable de l'élément de stockage (1) fonction de la température, l'énergie nécessaire ( $E$ ) étant l'énergie nécessaire pour charger l'élément de stockage (1) à l'état de charge maximum (SOCM).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'énergie nécessaire (E) est l'énergie nécessaire pour charger complètement l'élément de stockage (1). 5
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la mesure de la température comporte la mesure de la température ambiante. 10
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la mesure de la température comporte une mesure représentative de la température des composants électroniques. 15
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le générateur (2) étant de type photovoltaïque, la durée pendant laquelle la ressource énergétique est disponible représente la durée d'ensoleillement. 20
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le générateur (2) étant de type micro-hydraulique, ladite durée représente la durée pendant laquelle le débit hydraulique est supérieur à un seuil prédéterminé. 25
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la production d'énergie au moyen du générateur étant intermittente et quasi-périodique, le système autonome comporte l'enregistrement de ses conditions de fonctionnement sur un nombre prédéterminé de périodes. 30
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'énergie maximale ( $E_{MAX}$ ) est déterminée en prenant en compte les conditions de fonctionnement sur un nombre prédéterminé de périodes immédiatement précédentes. 35
12. Procédé selon l'une des revendications 10 et 11, **caractérisé en ce que** les conditions de fonctionnement enregistrées comportent la température, la durée effective de fonctionnement du générateur (2) et/ou l'évolution de l'énergie nécessaire. 40
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les données représentatives de la fiabilité comportent au moins des données relative à la fiabilité des composants électronique et de l'élément de stockage (1). 50
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les données représentatives de la fiabilité du système sont représentées par la durée entre deux pannes non destructrices. 55
15. Procédé selon l'une des revendications 13 et 14, **caractérisé en ce que** les données représentatives de la fiabilité du système sont représentées par une pluralité de courbes définissant, pour un critère de fiabilité donné, la puissance maximale acceptable en fonction de la température. 60
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** la puissance consigne de charge ( $P_L$ ) est égale à la puissance moyenne et d'un facteur correctif, la puissance de consigne étant inférieure à la puissance maximale ( $P_{MAX}$ ). 65

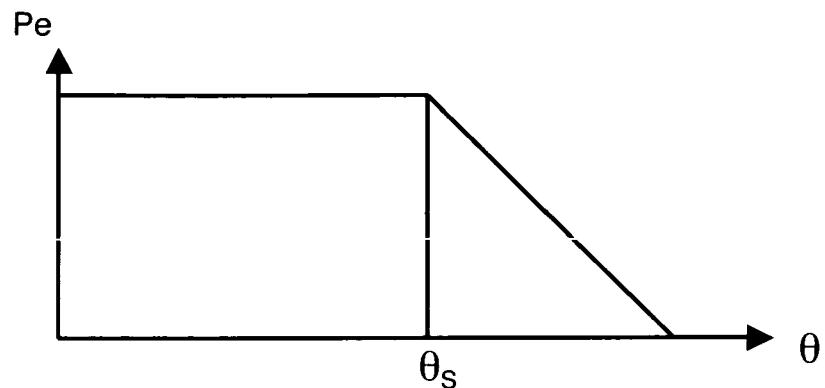


Figure 1 (art antérieur)

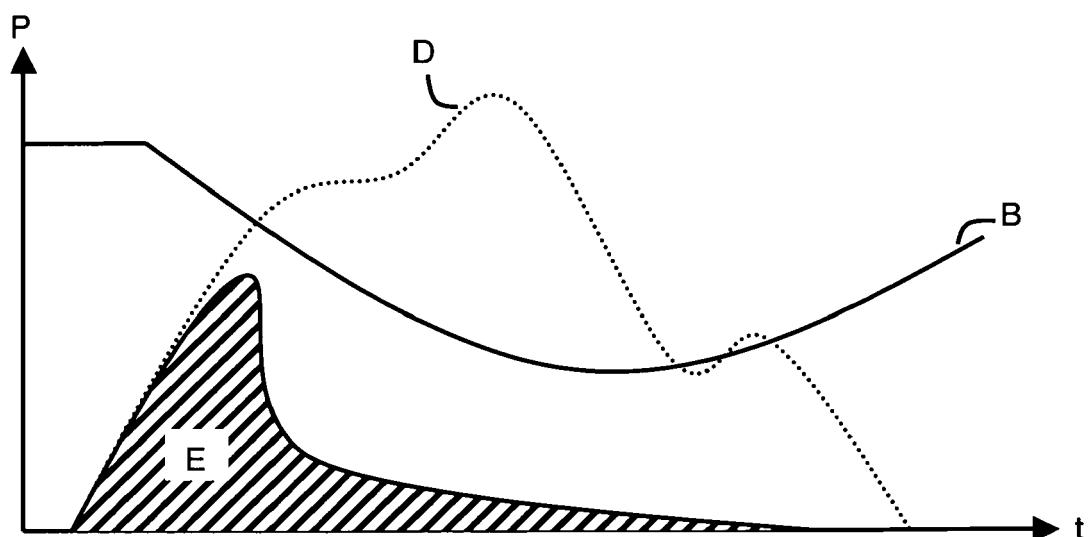


Figure 2 (art antérieur)

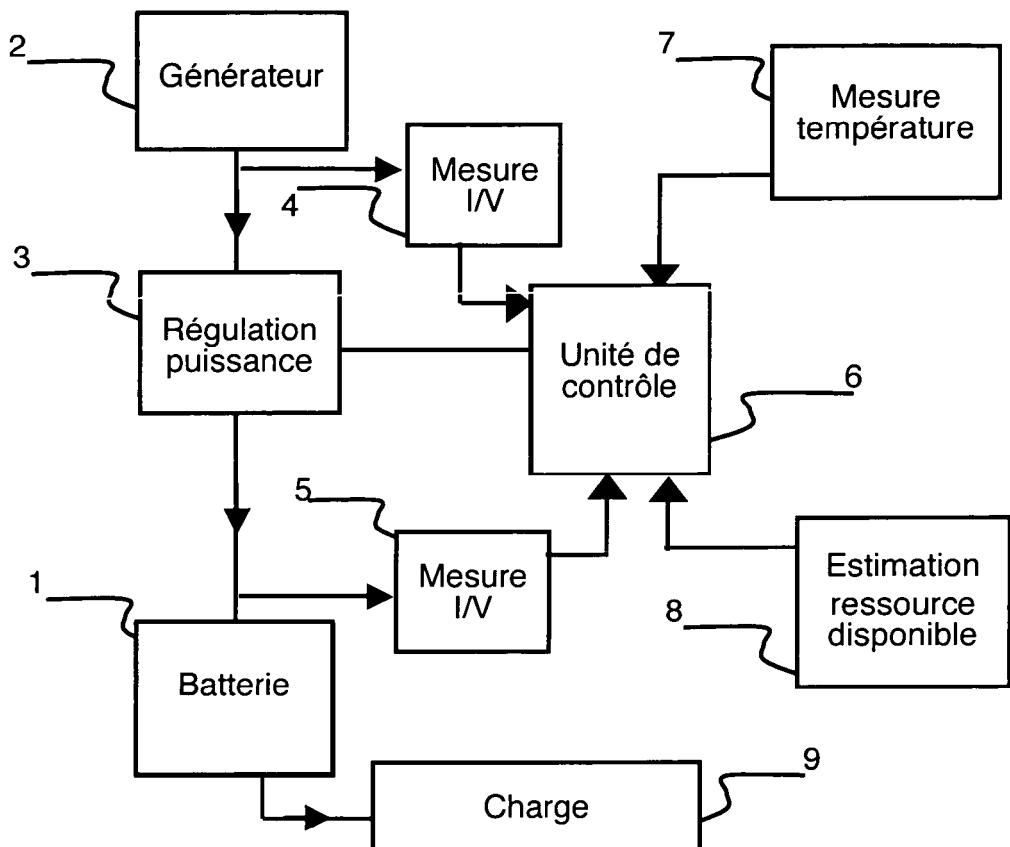


Figure 3

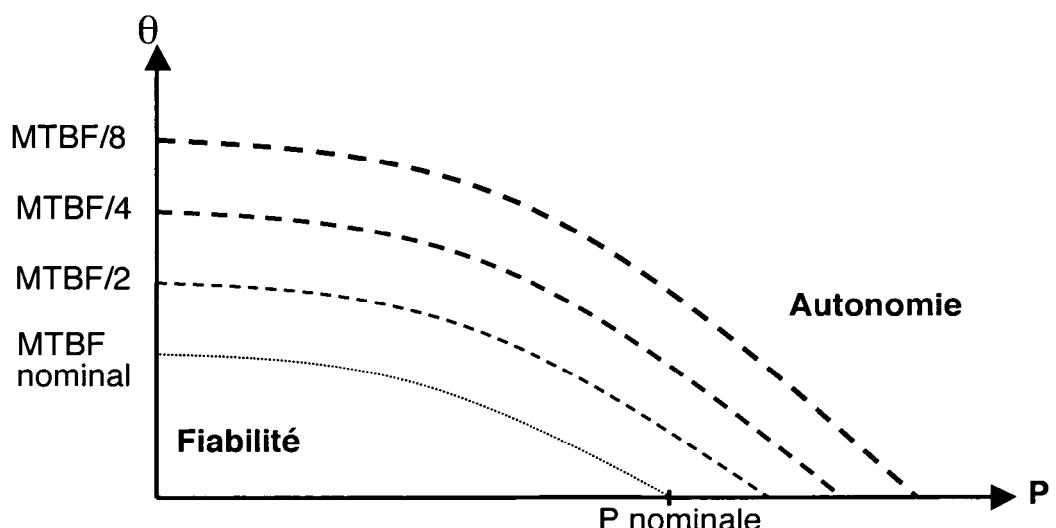


Figure 4

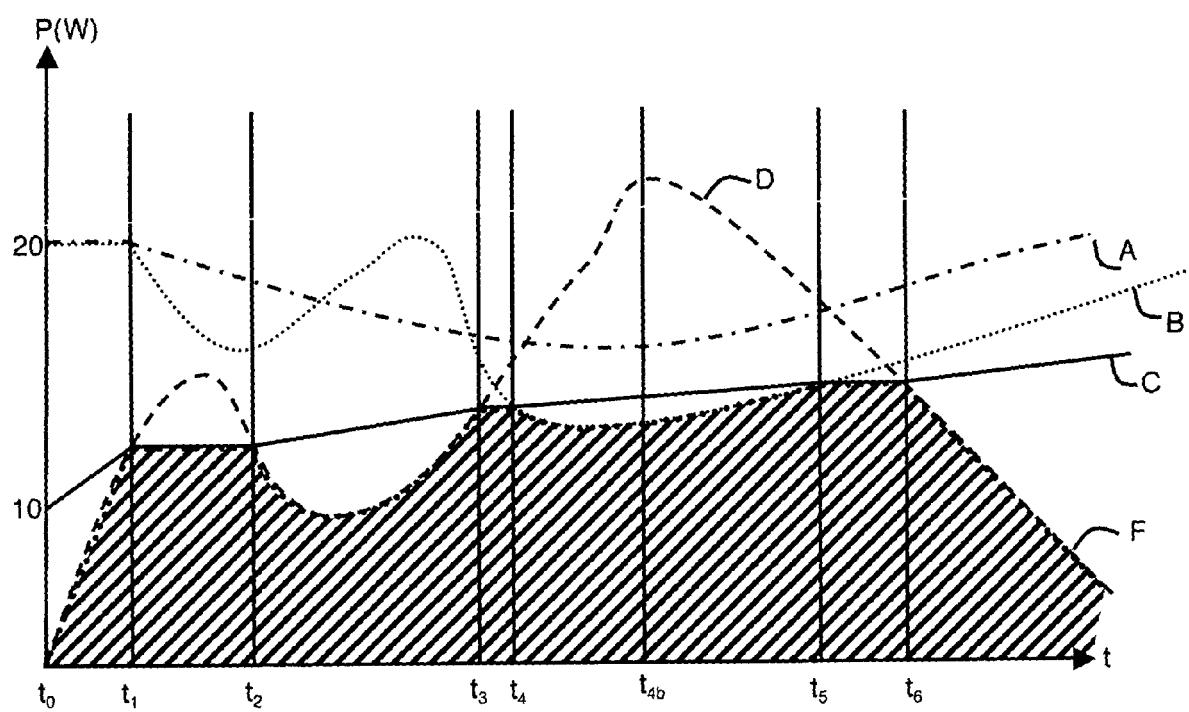


Figure 5

$t_7$



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2006/276938 A1 (MILLER CRAIG H [US] MILLER CRAIG HOWARD [US]) 7 décembre 2006 (2006-12-07) * le document en entier * -----	1-16	INV. H02J7/34 H02J7/14
A	US 2005/040786 A1 (ICHINOSE TOSHIHIKO [JP] ET AL) 24 février 2005 (2005-02-24) * le document en entier *	1-16	
A	US 2006/261830 A1 (TAYLOR BILL [US]) 23 novembre 2006 (2006-11-23) * le document en entier *	1-16	
A	US 6 266 576 B1 (OKADA YASUSHI [JP] ET AL) 24 juillet 2001 (2001-07-24) * le document en entier *	1-16	
A	GB 2 417 378 A (HAWKSLEY GRAEME ERIC [GB]) 22 février 2006 (2006-02-22) * le document en entier *	1-16 -----	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H02J H02H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
2	Lieu de la recherche  Munich	Date d'achèvement de la recherche  8 septembre 2008	Examinateur  Hurtado-Albir, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 35 4026

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

08-09-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2006276938	A1	07-12-2006	US WO	2007276547 A1 2006132760 A2		29-11-2007 14-12-2006
US 2005040786	A1	24-02-2005	JP	2005063901 A		10-03-2005
US 2006261830	A1	23-11-2006		AUCUN		
US 6266576	B1	24-07-2001	CA	2271498 A1		11-11-1999
GB 2417378	A	22-02-2006		AUCUN		